



# 纯电动汽车绝缘故障诊断及处理办法研究

张思为

(武汉交通职业学院 湖北 武汉 430223)

**摘要** 纯电动汽车的构造与传统燃油车不同,产生故障的原因也存在差异。电气故障是纯电动汽车的常见故障,绝缘故障是其中之一。通过分解纯电动车整车高压系统结构,分析了动力电池内外部高压系统主要组成及其导致绝缘故障的常见因素,并探讨了纯电动汽车绝缘故障的诊断及故障发生后的处理机制。

**关键词** 纯电动汽车 绝缘故障 诊断处理

中图分类号:U472

文献标识码:A

文章编号:1671-931X (2019) 01-0098-03

98

武汉职业技术学院学报二〇一九年第十八卷第一期(总第九十九期)

近年来在政府的大力推动和行业的积极努力下,电动汽车产业取得了长足的发展,无论是技术水平还是产销规模都上了一个新台阶。越来越多的普通消费者开始接受纯电动汽车,纯电动汽车的安全问题也受到了电动汽车产业各界人士的重视。

纯电动汽车整车结构与传统燃油车类似,但其动力源和驱动系统有很大区别。纯电动汽车是以纯电池动力来驱动车辆运行的,其动力电池的输出电压大部分都在DC/72 V至DC/600 V之间甚至更高。根据《GB3805 安全电压》的要求,人体的安全电压一般是DC/36 V。电动汽车动力电池输出的直流电压区间已远远超过了该安全电压<sup>[1]</sup>,因此,整车电安全是纯电动汽车安全问题的一个重要方面,在此重点关注其高压系统的绝缘故障。绝缘故障界定为:纯电动汽车存在高压部件,为防止绝缘失效造成的人身安全隐患,车辆设置有对整车高压部件绝缘电阻的监控装置,当绝缘电阻低于设定的阈值时,确认为绝缘故障。

## 一、高压系统组成及绝缘故障引发因素分析

对于绝缘故障警报来说,通常纯电池汽车的最小警报绝缘电阻额定值设置在500千欧左右,通过电池控制系统来检测绝缘功能,假如检测到其绝缘电阻额度低于此值时,电池控制系统将把相应的绝

缘问题代码发送给上位机设备,整车方面利用综合仪表来实现代码读取与故障提醒<sup>[2]</sup>。

在电动汽车上,整车带有高压电的零部件有动力电池、高压配电箱、驱动电机、电机控制器、直流变换器、车载充电器、直流加热系统、制冷空调系统及高压线束等,这些部件组成了整车的高压系统,电动汽车常见高压架构如图1所示。

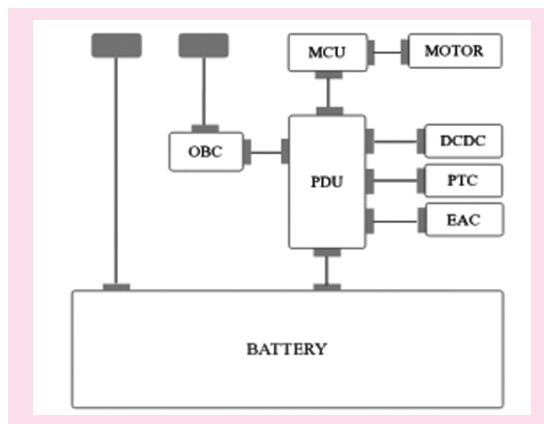


图1 纯电动汽车高压系统

注 BATTERY—动力电池 PDU—高压配电箱  
OBC—车载充电器 MCU—电机控制器  
MOTOR—电机 DCDC—直流变换器  
PTC—直流加热系统 EAC—制冷空调系统

收稿日期 2018-11-08

作者简介:张思为(1989-),女,湖北武汉人,武汉交通职业学院汽车工程学院教师,研究方向:新能源汽车技术、职业教育。

针对纯电动汽车整车高压系统可分为两个部分来进行展开分析,一部分为动力电池内部,包含动力电池模组、配电铜排、高压检测回路、配电盒等零部件;另一部分为电池外部的高压系统,包含高压配电箱、驱动电机、电机控制器、直流变换器、车载充电器、直流加热系统、制冷空调系统及外部高压线束等高压零部件。

### (一)动力电池内部的绝缘故障常见引发因素

第一,电解液泄露、外部液体侵入、绝缘层被破坏等因素,造成动力电池模组或单体出现了异常的导电回路而导致绝缘故障。此类故障发生后可能会造成较严重的后果,如打火烧蚀、模块内单体短路等故障;

第二,电池管理单元有大量线缆通过连接器接入,若出现凝露或电金属迁移等,容易在内部产生各种潜在导电路径,出现绝缘故障;

第三,电池模组内部由于振动、冲击等导致磨损、错位,若出现绝缘纸、蓝膜失效等情况,亦会导致绝缘故障;

第四,电池管理系统 BMS 和配电盒这两个部件由于是直接接入高压的,若出现隔离失效,也会出现绝缘故障。

### (二)动力电池外部高压系统故障的常见引发因素

第一,外部高压配电回路主要包括高压连接器和高压电缆,该部分故障比较多的情况有两种:一种是配件的质量问题,供应商在处理高压电缆屏蔽层时工艺不当,导致屏蔽丝与功率端子异常接触,引起绝缘故障;另一种是绝缘层在长时间运行后容易老化,导致绝缘性能降低或绝缘层开裂,引起绝缘故障;

第二,驱动电机、电机控制器、直流变换器、车载充电器、直流加热系统、制冷空调系统等高压用电部件内部出现绝缘故障。对于这类问题,把各部件系统内部的高压连接器及高压电缆绝缘故障归属上一类后,就只需考虑部件内部的自身相关绝缘防护是否合理。

## 二、绝缘故障的检测

纯电动汽车的电路要比传统车复杂,且由于汽车使用环境恶劣,因振动、冲击、气候冷热交替以及动力电池腐蚀性液体、气体等的影响,其强电部分(如动力电池组、电机控制器、电机以及车载充电器等部件)与车体之间的绝缘容易出现损伤和破坏,会使其绝缘性能下降<sup>[3]</sup>。为保证纯电动汽车的安全运行,整车必须设计有绝缘监控系统。该系统位于电池包内部,分别检测高压线路正极、负极的对地(车架)的绝缘值。系统持续监控整个高压系统的绝缘电阻,从而确定是否发生故障。系统通过导体回路发送信号,并通过绝缘监控评估信号<sup>[4]</sup>。

### (一)绝缘故障检测原理

如图 2 为某车型的绝缘检测原理简图,其中, $R_p$ 、 $R_n$  分别为高压母线正极对电底盘绝缘电阻和高

压母线负极对电底盘绝缘电阻; $R_0$ 、 $R_0'$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  为控制器绝缘检测电路的检测电阻,为已知值; $S_1$ 、 $S_2$  为绝缘检测继电器,由控制器控制; $K_p$ 、 $K_n$  分别为动力电池系统正极与负极继电器,按照整车的上电时序要求动作; $C_1$ 、 $C_2$  分别为正极母线对电底盘等效 Y 电容与负极母线对电底盘等效 Y 电容, $C_1$  的值以高压系统所有零部件正极对电底盘的 Y 电容的总和进行估算, $C_2$  的值以高压系统所有零部件负极对电底盘的 Y 电容的总和进行估算, $U_p$ 、 $U_n$  分别为  $R_2$ 、 $R_4$  两端的电压采样值。可参考 GB/T 18384.1-2015 规定的检测方法进行绝缘检测,如图 2 所示。

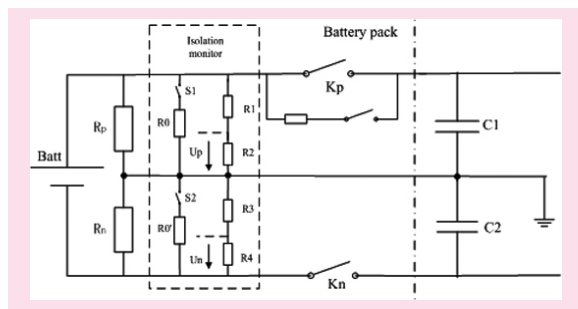


图 2 绝缘检测原理简图

### (二)绝缘故障检测时序要求

纯电动汽车的高压回路不是简单的只有电阻元件的电路。在整车高压母线正极与电底盘、高压母线负极与电底盘之间连接的 Y 电容,会将绝缘检测回路构成一阶 RC 电路,由于一阶电路的暂态响应会对电压检测准确性造成影响,从而影响绝缘检测的准确性。因此,绝缘检测要在一阶电路达到稳态后进行,绝缘检测时序如图 3 所示。

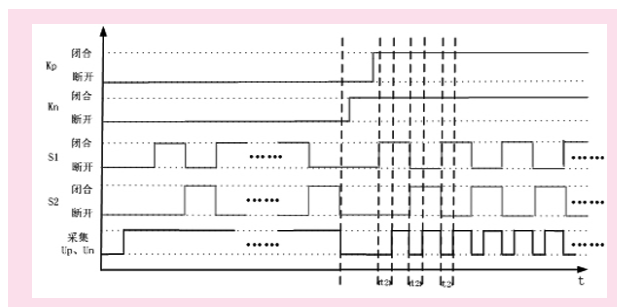


图 3 绝缘检测时序图

高压继电器闭合前,动力电池系统与其他高压零部件隔离,绝缘检测回路基本为电阻回路,可参考 GB/T 18384.1-2015 规定的检测方法进行绝缘检测,绝缘检测时序不需要考虑一阶 RC 电路的暂态影响。

高压继电器闭合过程中, $C_1$ 、 $C_2$  充放电回路受到负极继电器、预充电继电器、正极继电器闭合时序的影响,因此高压继电器闭合过程中不进行绝缘检测。

高压继电器闭合后, $C_1$ 、 $C_2$  达到稳态,当周期性断开、闭合  $S_1$ 、 $S_2$  时,在  $S_1$ 、 $S_2$  断开、闭合的瞬间, $C_1$ 、 $C_2$  会再次充放电,电路达到稳态后  $U_p$ 、 $U_n$  的测量值用于绝缘电阻估算。按照最大设计余量,以  $C_1$ 、

C2 初始电压为 0V 计算,电路达到稳态需要的时间:

$$t_2 = 3RC = 3\max((R_0/(R_1+R_2))C_2, (R_0'/(R_3+R_4))C_1)$$

从高压上电后到绝缘电阻计算值上报周期  $t < 30s$ 。

### 三、绝缘故障的处理办法

在电动汽车高压系统设计时,一般原则应确保绝缘电阻值大于  $100 \Omega/V$ ,当汽车发生绝缘电阻值低于规定值时,高压管理系统及时切断所有的高压回路并发出声光报警,持续一定时间待故障消失后,汽车才能允许进行下一次上电。但是电动汽车使用状态复杂,多数情况下并不能单一的采取切断所有高压回路的方法来处理绝缘故障,因此建立细分合理的绝缘故障处理办法十分必要。

下图描述了纯电动汽车在遇到绝缘故障时电池管理系统 BMS 和整车控制器 VCU 系统不同的故障处理办法。

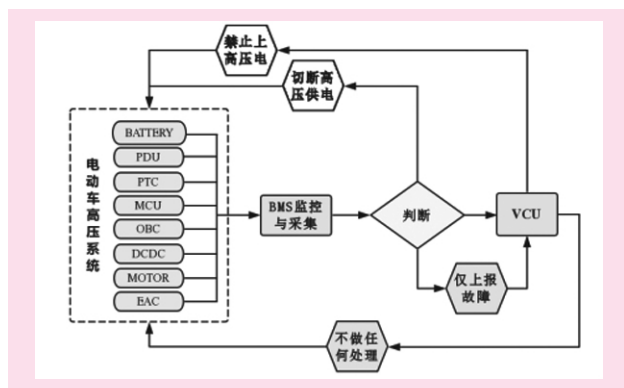


图4 BMS与VCU故障处理机制

BMS—电池管理系统,监控与控制,反馈采集的信息并根据采集的信息调节参数;VCU—整车控制器,用于控制整车上电、驱动、运行、故障处理等功能。

在不同的使用场景下,纯电动汽车运行工况不同,大致可以分为行车状态、充电状态及碰撞事故等状态。在不同的工况下,考虑到车辆的使用安全,绝缘故障应采取如下有区别的处理办法。

#### (一)行车状态

在车速大于等  $2km/h$  的行车状态下,发生绝缘故障时,BMS 仅上报故障,VCU 不做任何处理。在车速小于等于  $2km/h$  的行车状态下,故障处理机制有所不同,考虑到整车安全,BMS 在监测到绝缘故障时立即上报故障,并切断高压系统;VCU 即时下电高压,并同时禁止再次上电高压。

#### (二)充电工况

充电工况是电动汽车特有的整车工况,根据充电模式的不同有直流快充和交流慢充两种不同接口。快充采用的方式“简单粗暴”,直流电直接储存到动力电池内;而慢充则需要经过车载充电机将交流电转换成直流电再充入动力电池。慢充状态持续时间长相对稳定性较高,快充状态持续时间短稳定性差,更容易发生故障。BMS 对于充电状态下绝缘故障的处理方式是上报故障,立即切断高压系统;VCU 立即进行高压下电,同时解除充电状态。

#### (三)事故碰撞状态

随着技术的进步,电动汽车行驶里程的要求越来越高。大多数汽车厂家所采用的电源是电池容量较大的锂电池,但锂电池碰撞起火的概率相对较大,对高压系统的设计要求也更严格。在碰撞工况下高压系统的绝缘故障,BMS 进行立即上报和下电高压处理;VCU 进行高压下电,同时禁止上高压。

另外在任何工况下,只要发生绝缘故障,仪表应通过高压安全故障灯、整车系统故障灯、报警音给予驾驶员或维修员提示。

### 结语

纯电动汽车在推广和使用的过程中,很多人会害怕有触电的危险,而绝缘故障会导致危险电压、火灾、高故障电流和爆炸,造成人身伤害和死亡事故。本文对电动汽车绝缘故障诊断原理和时序要求进行了介绍,同时也区分了在不同工况下的处理机制,给纯电动汽车相关技术人员一点参考。电动汽车产业的大力发展需要行业专家和企业专家的继续努力,以提高其在使用过程和维修过程当中的安全性,消除消费者的顾虑,促进电动汽车产业健康稳步发展。

#### 参考文献:

- [1] 刘宁,徐勇.纯电动汽车绝缘故障的诊断及排查[J].汽车电器,2015,(06):43-44.
- [2] 白彩盛.纯电动汽车的故障诊断思路分析[J].中国设备工程,2017,(14):38-39.
- [3] 陈付纪,陆云峰.一类纯电动汽车故障分析[J].中国战略新兴产业,2017,(24):17-18.
- [4] 郭宏榆,姜久春,温家鹏,等.新型电动汽车绝缘检测方法研究[J].电子测量与仪器学报,2011,(03):253-257.

[责任编辑:詹华西]

(下转第 120 页)

## Research on the Coordination between Real Estate Development and Regional Economic Growth Level

### ——Data measurement from five major urban agglomerations

WANG Meng

(Qingdao University of Science and Technology ,Qingdao 266061 ,China )

**Abstract :** The development of urban agglomeration is an advanced stage of urban development. Based on the problem of the integration of real estate development and regional economic level in urban agglomerations, the five major urban agglomerations are used as sample space, and the data from 2006 to 2016 are used for analysis. The results of model verification are as follows: Firstly, from the time dimension, the coupling degree between real estate development and regional economic growth level of each urban agglomeration is unstable, and the coupling coordination degree shows low coordination coupling, but it is changing from low coordination coupling to high coordination coupling. Second, from the perspective of individual cities, the coupling degree between real estate development and regional economic growth in some large and medium-sized cities is not high, and only the coupling coordination degree of individual cities is moderately coordinated. Therefore, real estate development should be rationally carried out to promote the stable and coordinated development of regional economic growth.

**Key words :** real estate development; regional economic growth level; urban agglomeration

(上接第 100 页)

## Research on Diagnosis and Treatment of Insulation Faults of Pure Electric Vehicles

ZHANG Si-wei

(Wuhan Technical College of Communications ,Wuhan 430223 ,China)

**Abstract :** The structure of pure electric vehicles is different from that of traditional fuel vehicles. There are also differences in the causes of failures. Electrical faults are common faults in pure electric vehicles, and insulation faults are one of them. By decomposing the high-voltage system structure of the pure electric vehicle, the main components of the internal and external high-voltage system of the power battery and the common factors causing the insulation fault are analyzed. The diagnosis of the insulation fault of the pure electric vehicle and the treatment mechanism after the failure occurs are discussed.

**Key words :** pure electric vehicle; insulation fault; diagnostic treatment

(上接第 113 页)

## The Development of Rural Tourism and the Change of Social Organization Structure in Taohua Village, Jingzhou, Hubei Province

ZHUO Zhi-yuan

(School of Foreign Languages and International Trade ,Wuhan polytechnic ,Wuhan 430074 ,China )

**Abstract :** Taohuacun Village, is about ten kilometers west of ancient city of Jingzhou, Hubei Province. Here, rural tourism has been produced and developed for more than 20 years. It has become the main force in the economic development of Taohua Village, showing a strong vitality, making Taohua Village become a famous village of rural tourism and prosperity. However, the development of rural tourism in Taohua Village has also changed the original social and economic life structure of Taohua Villagers, which has brought profound influence on the social organizational structure of the traditional village and caused unprecedented changes in social organizational structure.

**Key words :** Taohua Village ,rural tourism ,Social organization